

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 251-2

Première édition — First edition

1973

Méthodes d'essai des fils de bobinages

Deuxième partie: Fils toronnés en cuivre émaillés à revêtement textile

Methods of test for winding wires

Part 2: Textile-covered bunched enamelled copper wires



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembé
Genève, Suisse

Révision de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la Commission afin d'assurer qu'il reflète bien l'état actuel de la technique.

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
Publié trimestriellement
- **Rapport d'activité de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement

Terminologie utilisée dans la présente publication

Seuls sont définis ici les termes spéciaux se rapportant à la présente publication.

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'index général étant publié séparément. Des détails complets sur le V.E.I. peuvent être obtenus sur demande.

Symboles graphiques et littéraux

Seuls les symboles graphiques et littéraux spéciaux sont inclus dans la présente publication.

Le recueil complet des symboles graphiques approuvés par la CEI fait l'objet de la Publication 117 de la CEI.

Les symboles littéraux et autres signes approuvés par la CEI font l'objet de la Publication 27 de la CEI.

Revision of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the contents reflect current technology.

Information on the work of revision, the issue of revised editions and amendment sheets may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
Published quarterly
- **Report on IEC Activities**
Published yearly
- **Catalogue of IEC Publications**
Published yearly

Terminology used in this publication

Only special terms required for the purpose of this publication are defined herein.

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the I.E.V. will be supplied on request.

Graphical and letter symbols

Only special graphical and letter symbols are included in this publication.

The complete series of graphical symbols approved by the IEC is given in IEC Publication 117.

Letter symbols and other signs approved by the IEC are contained in IEC Publication 27.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 251-2

Première édition — First edition

1973

Méthodes d'essai des fils de bobinages

Deuxième partie: Fils toronnés en cuivre émaillés à revêtement textile

Methods of test for winding wires

Part 2: Textile-covered bunched enamelled copper wires



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembé
Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
INTRODUCTION	6
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Objet	6
3. Notes générales concernant les essais	6
4. Diamètre extérieur du fil assemblé revêtu de textile	6
5. Résistance électrique et vérification de l'absence de conducteurs coupés	8
6. Revêtement	8
7. Tangente de l'angle de pertes diélectriques ($\tan \delta$)	8
8. Essai de soudabilité	10
FIGURES	14

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1. Scope	7
2. Object	7
3. General notes on tests	7
4. Over-all diameter of textile-covered bunched wire	7
5. Electrical resistance and checking for broken ends	9
6. Covering	9
7. Dielectric dissipation factor ($\tan \delta$)	9
8. Solder test	11
FIGURES	14

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60251-2:1973

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MÉTHODES D'ESSAI DES FILS DE BOBINAGES

Deuxième partie : Fils toronnés en cuivre émaillés à revêtement textile

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente recommandation a été établie par le Comité d'Etudes N° 55 de la CEI : Fils de bobinages.

Un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à Tel-Aviv en 1966. A la suite de cette réunion, un projet révisé, document 55(Bureau Central)43, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en octobre 1967.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication :

Afrique du Sud
Allemagne
Australie
Autriche
Belgique
Canada
Danemark
Finlande
France
Israël

Italie
Japon
Pays-Bas
Pologne
Royaume-Uni
Suède
Suisse
Turquie
Union des Républiques
Socialistes Soviétiques

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

METHODS OF TEST FOR WINDING WIRES

Part 2 : Textile-covered bunched enamelled copper wires

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendations and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This recommendation has been prepared by IEC Technical Committee No. 55, Winding Wires.

A first draft was discussed at the meeting held in Tel Aviv in 1966. As result of this meeting, a revised draft, document 55(Central Office)43, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in October 1967.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia	Japan
Austria	Netherlands
Belgium	Poland
Canada	South Africa
Denmark	Sweden
Finland	Switzerland
France	Turkey
Germany	Union of Soviet
Israel	Socialist Republics
Italy	United Kingdom

MÉTHODES D'ESSAI DES FILS DE BOBINAGES

Deuxième partie : Fils toronnés en cuivre émaillés à revêtement textile

INTRODUCTION

La présente recommandation constitue l'un des éléments d'une série traitant des fils isolés utilisés dans les enroulements des appareils électriques. Cette série comporte quatre groupes définissant respectivement :

- 1) Les dimensions de base (Publication 182 de la CEI).
- 2) Les méthodes d'essai (Publication 251 de la CEI).
- 3) Les spécifications pour des types particuliers de fils (Publication 317 de la CEI).
- 4) Le conditionnement (Publication 264 de la CEI).

Le système d'unités utilisé est le système SI; dans ce système, le newton (symbole N) est l'unité de force; 1 newton : 0,102 kilogramme-force.

1. Domaine d'application

Cette recommandation concerne les fils toronnés en cuivre émaillés¹⁾ à revêtement textile, utilisés habituellement dans les applications en haute fréquence.

Cette recommandation ne concerne pas les fils de Litz.²⁾

2. Objet

Recommander des méthodes d'essai et de mesure applicables aux fils toronnés en cuivre émaillés en vue de déterminer la conformité aux conditions requises pour leurs caractéristiques.

3. Notes générales concernant les essais

Sauf spécification contraire, tous les essais doivent être effectués à une température comprise entre 15 °C et 35 °C et une humidité relative de 45% à 75%. Le fil doit, avant exécution des mesures, être préconditionné sous ces conditions atmosphériques pendant un temps suffisant pour que le fil atteigne la stabilité.

Le fil toronné³⁾ à essayer doit être prélevé de son conditionnement de façon que le fil toronné ne soit pas soumis à une tension ou à des pliages inutiles. Avant chaque essai, il convient d'éliminer une longueur de fil toronné suffisante pour être sûr que les échantillons ne comportent aucun fil toronné endommagé.

Toutes les conditions obligatoires pour une méthode d'essai sont normalement indiquées dans le texte. Les dessins ont seulement pour but de représenter une disposition possible pour conduire l'essai.

En cas de divergences entre la feuille de spécification et la présente recommandation, la feuille de spécification prévaut.

4. Diamètre extérieur du fil assemblé revêtu de textile

Note. — La méthode indiquée ci-dessous donne des valeurs utiles en pratique mais pas un diamètre extérieur précis.

4.1 Appareil de mesure

Le diamètre extérieur sera déterminé au moyen d'un mandrin conique poli dont les dimensions sont indiquées à la figure 1, page 14.

¹⁾ Les fils toronnés sont constitués par un certain nombre de fils émaillés de petit diamètre disposés ensemble sans position géométrique déterminée à l'avance et avec ou sans revêtement supplémentaire.

²⁾ Les fils de Litz sont constitués par le câblage successif de fils ou de groupes de fils par groupes de trois.

³⁾ Lorsque le terme *conducteur* est utilisé, il indique le métal nu après enlèvement de l'email d'un fil constitutif. Lorsque le terme *fil* est utilisé, il indique le conducteur constitutif émaillé. Lorsque le terme *fil toronné* est utilisé, il indique l'assemblage sous son guillage textile.

METHODS OF TEST FOR WINDING WIRES

Part 2 : Textile-covered bunched enamelled copper wires

INTRODUCTION

This recommendation is one of a series which deals with insulated wires used for windings of electrical equipment. The series has four groups describing:

- 1) Basic dimensions (IEC Publication 182).
- 2) Methods of test (IEC Publication 251).
- 3) Specifications for particular types of wire (IEC Publication 317).
- 4) Packaging (IEC Publication 264).

The SI system of units will be used, in which the newton (symbol N) is the unit of force; 1 newton = 0.102 kilogramme-force.

1. Scope

This recommendation relates to textile-covered bunched¹⁾ enamelled copper wires normally used for high frequency purposes.

Litz wires²⁾ are not covered by this recommendation.

2. Object

To recommend methods for testing and measuring the properties of bunched enamelled copper wires to determine conformity with established performance requirements.

3. General notes on tests

Unless otherwise specified, all tests shall be carried out within a range of 15 °C to 35 °C and a relative humidity of 45% to 75%. Before measurements are made, the specimen shall be pre-conditioned under these atmospheric conditions for a time sufficient to allow the wire to reach stability.

The bunched wire³⁾ to be tested shall be removed from the packaging in such a way that the bunched wire will not be subjected to tension or unnecessary bends. Before each test, discard sufficient bunched wire to ensure that no damaged wire is included in the test specimens.

Normally all mandatory requirements for a method of test are given in the description and diagrams are only intended to illustrate one possible arrangement for conducting the test.

In case of inconsistencies between the specification sheet and this recommendation, the specification sheet shall prevail.

4. Over-all diameter of textile-covered bunched wire

Note. — The method indicated below gives useful values in practice but not an accurate over-all diameter.

4.1 Measuring equipment

The over-all diameter shall be determined with a polished conical mandrel having dimensions as shown in Figure 1, page 14.

¹⁾ Bunched wires consist of a number of small diameter enamelled wires laid-up together without predetermined geometrical position and with or without additional covering.

²⁾ Litz wires are built up by successive stranding of wires or groups of wires in groups of three.

³⁾ Where the word *conductor* is used, it means the bare metal after removal of the enamel from the single wire. Where the word *wire* is used, it means the single enamelled conductor. Where the term *bunched wire* is used, it means the laid-up composite with textile covering.

4.2 Méthode de mesure

Le diamètre extérieur doit être obtenu en enroulant, à spire jointive, le fil sur le mandrin avec une traction calculée d'après la formule suivante:

Traction (en newtons) = 65 fois la section nominale totale des conducteurs (en mm²)

Pour les fils toronnés de diamètre jusqu'à et y compris 0,5 mm, la largeur de la couche ainsi formée aura au moins 10 mm.

Pour les fils toronnés de diamètre supérieur à 0,5 mm, la largeur de la couche ainsi formée aura au moins 20 mm.

La largeur sera mesurée avec une précision de 0,5 mm.

La largeur de la couche divisée par le nombre de spires donne le diamètre extérieur du fil toronné arrondi à 0,01 mm.

Une seule mesure sera faite.

5. Résistance électrique et vérification de l'absence de conducteurs coupés

La résistance du fil toronné mesurée sur une longueur de 10 m sera définie comme la résistance en courant continu à 20 °C. La méthode utilisée doit donner une précision de 0,5%.

Avant la mesure, les extrémités doivent être soudées.

Une seule mesure sera faite.

Si la résistance est mesurée à une température t autre que 20 °C (R_t), la résistance R_{20} à 20 °C sera calculée à l'aide de la formule:

$$R_{20} = \frac{R_t}{1 + \alpha (t - 20)}$$

où:

t est la température réelle en degrés Celsius pendant la mesure

α est le coefficient de température (dans le cas particulier du cuivre: 0,003 93).

Lorsqu'on mesure la résistance en vue de vérifier si le nombre de conducteurs coupés est excessif, une longueur de 10 m de fil toronné doit être utilisée.

6. Revêtement

Le fil toronné doit être enroulé sur un mandrin ayant le diamètre indiqué dans la feuille de spécification avec une traction identique à celle donnée au paragraphe 4.2.

En enroulant le fil toronné autour du mandrin, il faut s'assurer que le fil toronné n'est pas tordu à chaque tour.

On examine l'enroulement en vision normale, sous lumière diffuse, pour vérifier si le revêtement a la texture prescrite.

Un seul essai sera fait.

7. Tangente de l'angle de pertes diélectriques (tg δ)

7.1 Principe

La méthode de mesure consiste à introduire dans un circuit résonnant une capacité auxiliaire dont les armatures sont constituées par le conducteur du fil toronné et un bain de mercure dans lequel le fil est plongé.

Note. — La mesure peut s'effectuer par exemple à l'aide d'un Q-mètre.

4.2 *Measuring method*

The over-all diameter shall be determined by closely winding the bunched wire on the mandrel under a tension calculated according to the following formula:

Tension (in newtons) = 65 times the total nominal cross-section of the conductors (in mm²)

The width of the layer so formed shall not be less than 10 mm for bunched wires with nominal over-all diameters up to and including 0.5 mm, and not be less than 20 mm for larger diameters.

The width shall be measured with an accuracy of 0.5 mm.

The width of the layer divided by the number of turns shall be the over-all diameter of the bunched wire rounded off to 0.01 mm.

One measurement shall be made.

5. **Electrical resistance and checking for broken ends**

The resistance of the bunched wire measured on a length of up to 10 m shall be expressed as the d.c. resistance at 20 °C. The method used shall provide an accuracy of 0.5%.

Before the measurement, the ends shall be soldered.

One measurement shall be made.

If the resistance is measured at a temperature t other than 20 °C (R_t), the resistance R_{20} at 20 °C shall be calculated by means of the formula:

$$R_{20} = \frac{R_t}{1 + \alpha (t - 20)}$$

where:

t is the actual temperature in degrees Celsius during the measurement

α is the temperature coefficient (for the particular case of copper = 0.003 93).

When measuring the resistance to check for an excessive number of broken ends, a length of 10 m of bunched wire shall be used.

6. **Covering**

The bunched wire shall be wound on a mandrel having a diameter as given in the specification sheet under a tension given in Sub-Clause 4.2.

In winding the bunched wire round the mandrel, care should be taken not to introduce a twist in the bunched wire for each revolution.

The winding then shall be examined by normal vision in diffused light to establish the required degree in the closeness of the covering.

One test shall be made.

7. **Dielectric dissipation factor ($\tan \delta$)**

7.1 *Principle*

The measuring method consists of introducing into a resonant circuit an auxiliary capacitance whose plates consist of the conductor of the bunched wire and a mercury bath in which the wire is immersed.

Note. — The measurement may be made, for example, by using a Q-meter.

7.2 Préparation de l'éprouvette

Une longueur de fil toronné à essayer doit être recourbée en forme de U (voir figure 2, page 14) et plongée dans un bain contenant du mercure. La longueur immergée doit être telle que la capacité conducteur-mercure soit comprise entre 50 pF et 100 pF.

Avertissement: La vapeur de mercure est toxique. Des précautions spéciales doivent être prises lorsqu'on travaille avec un bain de mercure.

7.3 Mesure

L'appareillage choisi devra permettre une mesure des pertes diélectriques avec une précision de $\pm 10\%$. La mesure doit être effectuée à une fréquence d'environ 1 MHz.

Le schéma d'un circuit de mesure approprié est indiqué par la figure 3, page 15:

L'éprouvette est connectée. Puis la résistance d'amortissement R est amenée à une valeur infinie et le circuit est accordé sur la valeur maximale du voltmètre V au moyen du condensateur C . Le voltmètre V est alors ajusté au moyen d'un condensateur de couplage à une valeur déterminée. On note la valeur C_1 du condensateur C .

On déconnecte alors l'éprouvette et l'on accorde à nouveau le circuit à l'aide du condensateur C . La valeur C_2 est notée.

La capacité de l'éprouvette est:

$$C_x = C_2 - C_1$$

On ramène l'indication du voltmètre à la valeur précédemment retenue au moyen de la résistance R dont on note la valeur R_v .

La tangente de l'angle de pertes est donnée par:

$$\operatorname{tg} \delta = \frac{1}{\omega C_x R_v}$$

où:

$$\omega = 2\pi f$$

8. Essai de soudabilité

La feuille de spécification particulière indique si le revêtement doit ou non être enlevé.

8.1 Préparation de l'éprouvette

8.1.1 Fil toronné de diamètre extérieur jusqu'à et y compris 0,25 mm

Une éprouvette est constituée par une longueur de fil toronné enroulé sur une distance de 15 mm à 20 mm autour de l'extrémité d'un fil étamé propre de 0,8 mm de diamètre et long de 200 mm. L'enroulement doit comporter cinq spires au minimum et dix spires au maximum, avec un léger espacement entre les spires.

8.1.2 Fil toronné de diamètre extérieur supérieur à 0,25 mm

Une longueur de fil toronné de 200 mm environ est nécessaire.

8.2 Procédure d'essai

Le bain de soudure étain-plomb 60/40 utilisé doit avoir un volume suffisant pour que l'on soit certain que la température de la soudure reste uniforme quand on introduit l'éprouvette. Il doit être pourvu de moyens permettant de maintenir la température de la soudure à la température spécifiée dans la feuille de spécification particulière.

7.2 Preparation of the specimen

The bunched wire under test shall be bent into a U-shape (see Figure 2, page 14) and lowered into a bath containing mercury. The length immersed shall be such that the capacitance between conductor and mercury is between 50 pF and 100 pF.

Warning: Mercury vapour is poisonous. Special care should be taken when working with a mercury bath.

7.3 Measurement

The test equipment used shall allow a loss measurement to be made with a precision of $\pm 10\%$. The measurement shall be made at a frequency of approximately 1 MHz.

A diagram of a suitable circuit is shown in Figure 3, page 15:

The specimen is connected. Then the damping resistance R is set at infinity and the circuit is tuned to the maximum reading of voltmeter V by means of capacitor C . The voltmeter V reading is then adjusted by means of a coupling capacitor to a predetermined reading. The value C_1 of capacitor C is noted.

The specimen is disconnected and the circuit retuned by means of capacitor C . The value C_2 is noted.

The capacitance of the specimen is:

$$C_x = C_2 - C_1$$

The voltmeter reading is readjusted to its previous value by means of resistor R . The value R_x of resistor R is noted.

The dielectric dissipation factor is calculated by:

$$\tan \delta = \frac{1}{\omega C_x R_x}$$

where:

$$\omega = 2 \pi f$$

8. Solder test

Whether or not the covering shall be removed is stated in the relevant specification sheet.

8.1 Preparation of specimen

8.1.1 Bunched wires with over-all diameters up to and including 0.25 mm

A specimen of the bunched wire to be tested shall be wound for a distance of 15 mm to 20 mm around the end of a 200 mm length of 0.8 mm diameter clean tinned copper wire; there shall be a minimum of five turns and a maximum of ten turns, with a slight spacing between the turns.

8.1.2 Bunched wires with over-all diameters over 0.25 mm

A length of bunched wire of approximately 200 mm is required.

8.2 Test procedure

The 60/40 tin-lead solder bath used shall have a volume sufficient to ensure that the temperature of the solder remains uniform when introducing the test specimen. It shall be provided with means for maintaining the temperature of the solder at the temperature specified in the relevant specification sheet.

L'éprouvette doit être tenue verticalement au-dessus du centre du bain, puis l'extrémité inférieure est abaissée jusqu'à 20 mm sous la surface. La position à laquelle l'éprouvette est immergée doit être à une distance d'environ 10 mm du point où la température est mesurée.

Après avoir été immergée pendant le temps spécifié dans la feuille de spécification particulière, l'éprouvette doit subir un mouvement oblique dans le bain avant d'en être retirée.

On examine la surface du fil étamé avec une loupe de grossissement de 6 à 10.

Trois essais doivent être effectués.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60251-2:1973

Withdrawn

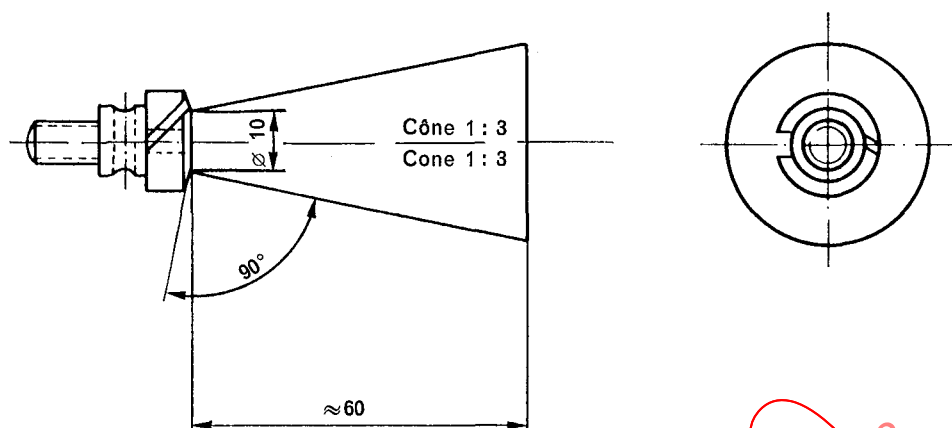
The specimen shall be held vertically over the centre of the bath and the bottom end lowered to 20 mm below the surface. The position at which the specimen is immersed shall be within approximately 10 mm of the point where the temperature is measured.

After having been immersed for the time specified in the relevant specification sheet, the specimen shall be moved sideways in the bath before it is withdrawn from the solder.

The surface of the tinned wires shall be examined with a magnification of 6 to 10 times.

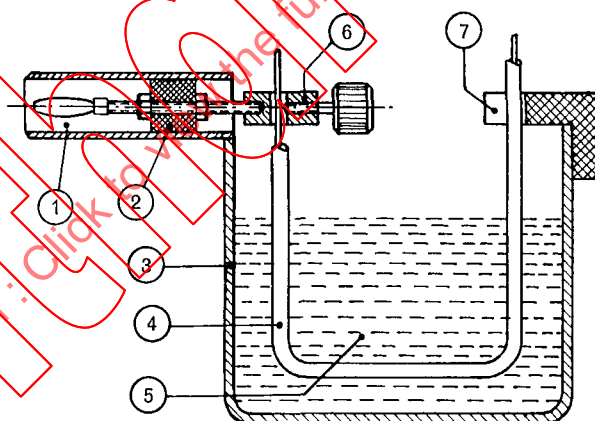
Three tests shall be made.

Withdrawn
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60251-2:1973



Dimensions en mm
Dimensions in mm

FIG. 1. — Mandrin conique d'enroulement.
Conical winding mandrel.



- | | |
|--------------------------------------|--|
| 1 = fiche centrale
plug | 5 = mercure
mercury |
| 2 = matériau isolant
insulation | 6 = borne pour connexion de l'éprouvette
terminal |
| 3 = bain métallique
metallic bath | 7 = pince métallique isolée
insulated clamp |
| 4 = éprouvette
specimen | |

FIG. 2. — Disposition concernant l'éprouvette de fil et le bain de mercure pour la mesure de la tangente de l'angle de pertes ($\tan \delta$).
Arrangement of specimen and mercury bath for measurement of the dielectric dissipation factor ($\tan \delta$).